

# ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО РАСПАДА ТИТАНОВОГО СПЛАВА VST2 ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 300...350°C

*Водолазский Ф.В.<sup>1</sup>, Ледер М.О.,<sup>2</sup> Жлоба А.В.<sup>2</sup>, Выгузова М.Е.<sup>1</sup>,  
Баранникова Н.С.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> - ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург

<sup>2</sup> - ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», г. Верхняя Салда  
**f.v.vodolazskiy@urfu.ru**

Изучены закономерности изменений микроструктуры, фазового состава и дюраметрических характеристик титанового сплава VST2 после изотермических обработок при температурах 300...350°C и выдержек 5 сек ... 16 часов. Обнаружено, что в сплаве VST2 ( $K_\beta=0,56$ ) при закалке в воду с температуры 1000°C фиксируется только  $\alpha''$ -мартенсит, а при охлаждение в расплаве олова до температур изотермической выдержки 300...350°C и последующей закалки в воду – двухфазное состояние  $\beta+\alpha''$ -мартенсит. Получено, что при изотермическом распаде при температурах 300...350°C не происходит значительных изменений фазового состава и свойств сплава.

Повышение конкурентноспособности титановых сплавов в различных отраслях техники приводит к тому, что многие производители стремятся снизить себестоимость материалов, при сохранении высокого уровня механических свойств. В связи с этим на ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» был разработан новый сплав VST2 ( $\alpha+\beta$ )-мартенситного класса с высоким содержанием железа, которое является более дешевым легирующим элементом [1]. Освоение производства полуфабрикатов из данного сплава требует изучения процессов распада, протекающих при термообработке.

Цель данной работы – построение диаграммы изотермического распада в титановом сплаве VST2.

В качестве материала для исследования были взяты листовые полуфабрикаты из сплава VST2, полученные на предприятии ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА». Химический состав указан в таблице 1. Температура полиморфного превращения ( $T_m$ ) составляет 940°C.

Таблица 1 Химический состав сплава VST2

Содержание элементов, масс. %										
Al	Mo	V	Cr	Fe	Si	Ni	C	O	H	Ti
4,94	0,56	3,33	0,37	1,8	0,029	0,031	0,015	0,22	0,002	ост.

Исследование микроструктуры проводилось на микроскопе «OLYMPUS GX51». Рентгеноструктурный фазовый анализ был проведен на

установке «Bruker D8 Advance» в медном  $K_{\alpha}$ -излучении с длиной волны  $\lambda=1,54 \text{ \AA}$  с помощью позиционночувствительного детектора LynxEye. Измерения твердости по Роквеллу (ГОСТ 9013-59) проводились на универсальном твердомере типа ТК2 при нагрузке 150 кг.

Схема эксперимента представлена на рис. 1. Изотермическую выдержку проводили в расплаве олова, после выдержки образцы закаливались в воде.

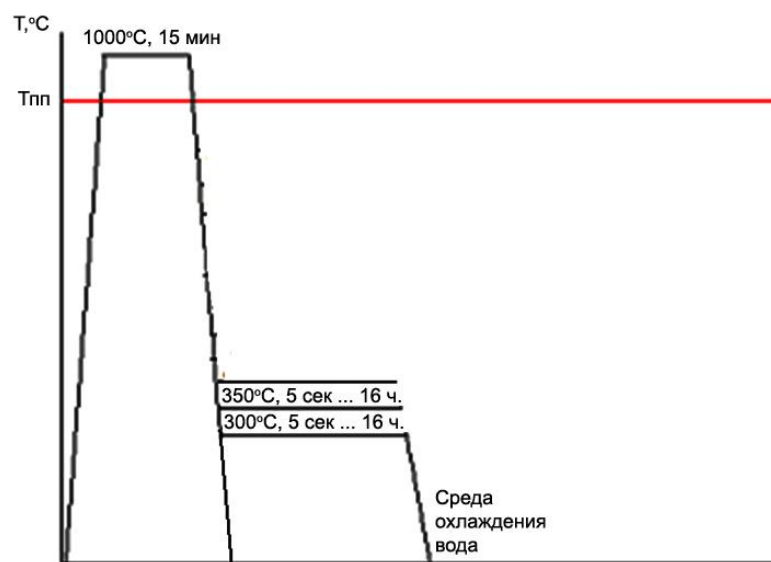
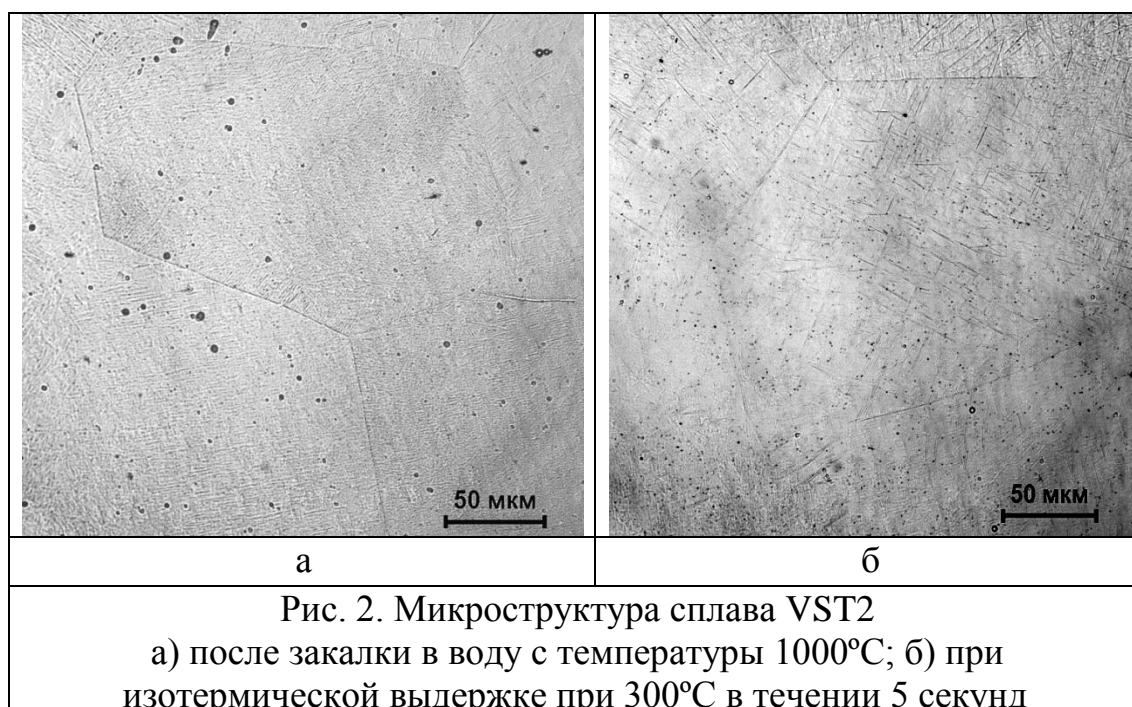


Рис. 1. Схема изотермической обработки сплава VST2



В микроструктуре образца после закалки при температуре 1000°C, представленной на рис. 2, наблюдаются равноосные полиэдрические

исходные  $\beta$ -зерна. Плоские двугранные углы близки к  $120^\circ$ , что свидетельствует о прохождении процессов собирательной рекристаллизации. Средний размер зерна примерно равен 200 мкм. Также можно заметить, что внутри зерен присутствуют пластинки мартенсита.

На дифрактограмме, рис. 3, снятой с закаленного образца, наблюдаются линии только  $\alpha''$ -мартенсита. Следов  $\alpha$  и  $\beta$  фаз не наблюдается. Можно сделать вывод, что мартенситное превращение  $\beta$  в  $\alpha''$  протекает достаточно полно. Твердость в закаленном состоянии составляет 41 HRC. Аналогичные результаты были получены в работе [2].

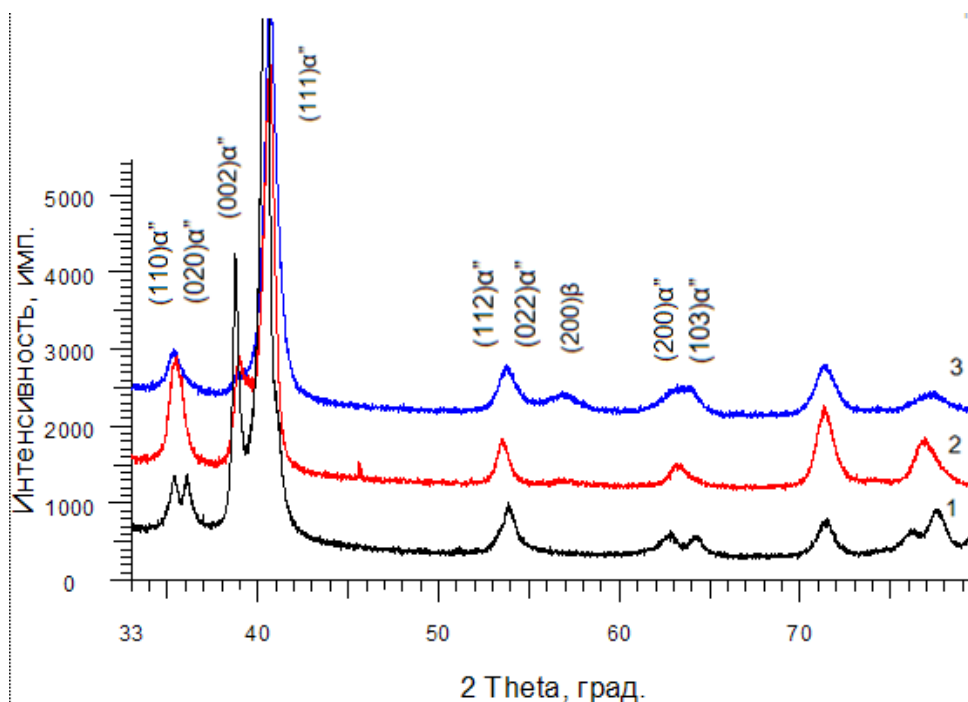


Рис. 3. Дифрактограмма образца сплава VST2:

1 – после закалки в воду с температуры  $1000^\circ\text{C}$ ; 2 - после изотермической выдержки при  $300^\circ\text{C}$  в течении 5 секунд, 3 - после изотермической выдержки при  $350^\circ\text{C}$  в течении 5 секунд.

Микроструктура образца после изотермической выдержки 5 сек. при температуре  $300^\circ\text{C}$  подобна микроструктуре закаленного в воду образца, в ней также наблюдаются следы мартенситной фазы, рис. 2, б.

На дифрактограммах образцов после изотермической выдержки при температурах  $300\ldots 350^\circ\text{C}$  появляется линия  $\beta$ -фазы, так же наблюдаются сильные линии, близкие к линиям  $\alpha$ -фазы. При этом эти линии имеют сильное уширение и имеют асимметричный профиль, особенно линия, лежащая на углах  $63\ldots 65^\circ$ . Из этого можно сделать вывод, что мартенситная фаза это  $\alpha''$ -мартенсит с меньшей ромбичностью (по сравнению с закалкой в воду с температуры  $1000^\circ\text{C}$ ). Таким образом фазовое состояние после изотермической выдержки  $300$  и  $350^\circ\text{C}$  представляет собой  $\alpha''$ -мартенсит и

$\beta$ -фазу. Отметим, что твердость образцов после данной изотермической выдержки повышается до уровня 50 HRC.

При охлаждении в олово (более медленная скорость охлаждения по сравнению с водой) скорее всего происходит расслоение  $\beta$ -фазы на  $\beta_{\text{обог}}$  обогащенную и  $\beta_{\text{обед}}$  обедненную по  $\beta$ -стабилизаторам. И  $\beta_{\text{обед}}$  претерпевает мартенситное превращение в  $\alpha''$ -мартенсит.

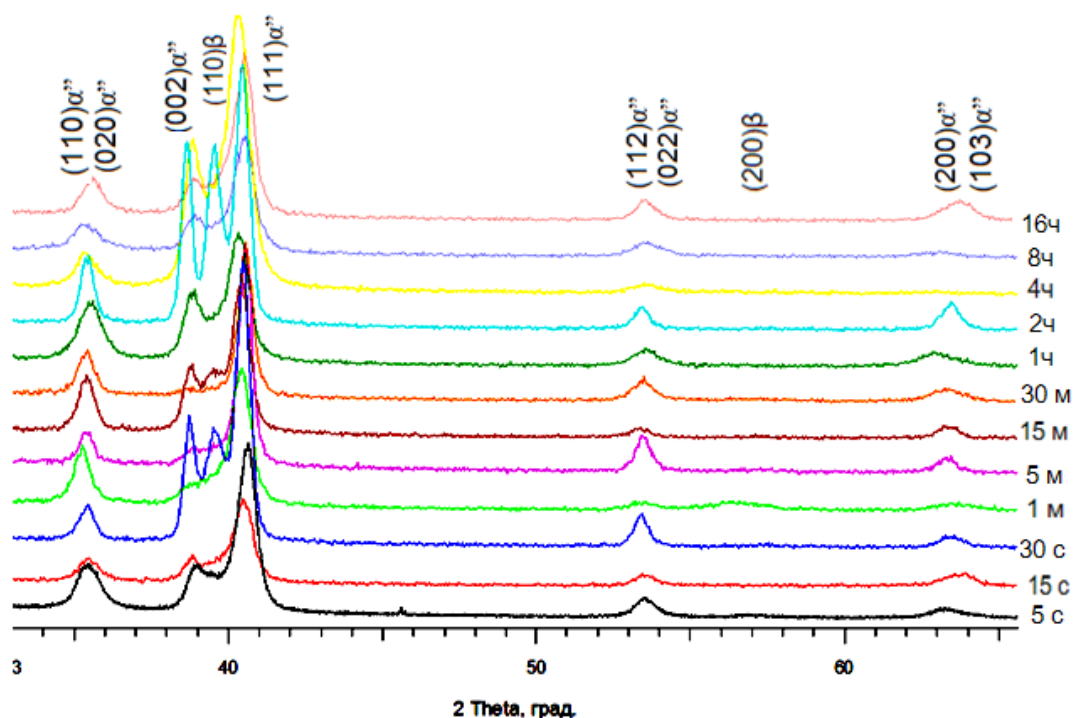


Рис. 4. Дифрактограммы образца сплава VST2 после изотермических выдержек при температуре 300°C

Дифрактограммы образцов более длительных изотермических выдержек при температурах 300 и 350°C представлены на рис. 4 и 5, соответственно. Отметим, что значительных изменений на дифрактограммах, как при 300°C, так и при 350 не наблюдается. Линия (110)  $\beta$ -фазы периодически появляется на дифрактограммах при изотермических выдержках при температуре 300°C, при этом ее период остается на одном уровне, рис. 6, а. Это происходит потому, что съемка происходит с поперечного направления и исходное зерно достаточно крупное, и линии  $\beta$ -фазы не всегда попадают в отражающее положение. Твердость после данных обработок также находится примерно на одном уровне, рис. 7, а. Из этого можно сделать вывод, что при температуре 300°C в исследуемом временном диапазоне не происходит значительных изменений фазового состава.

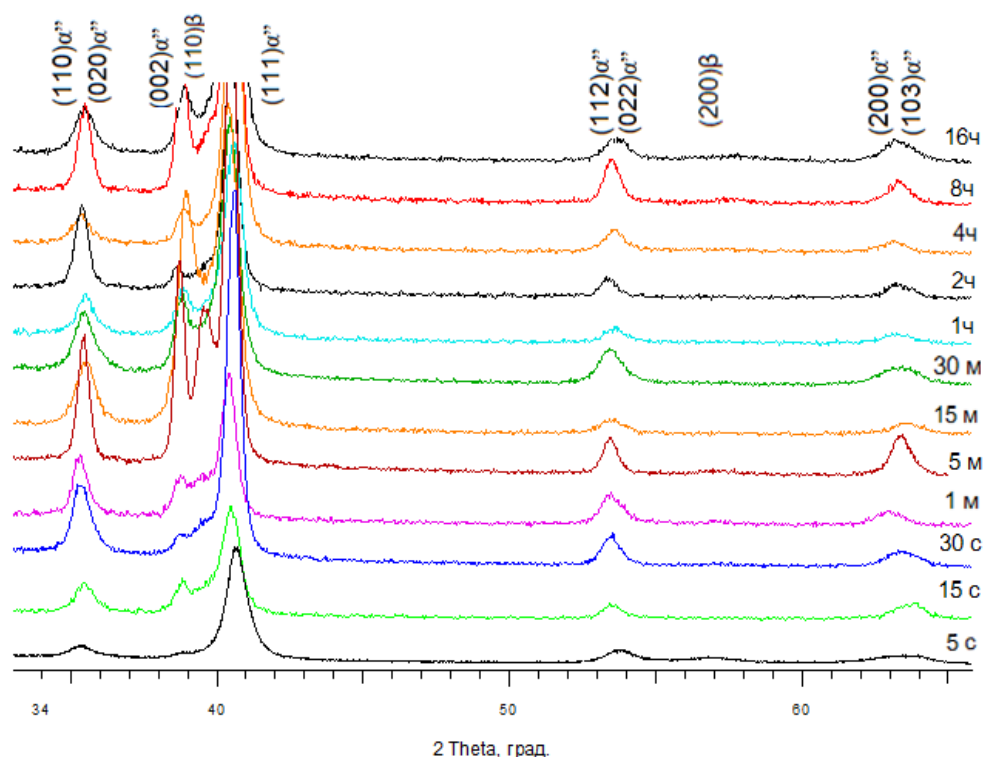


Рис. 5. Дифрактограммы образца сплава VST2 после изотермических выдержек при температуре 350°C

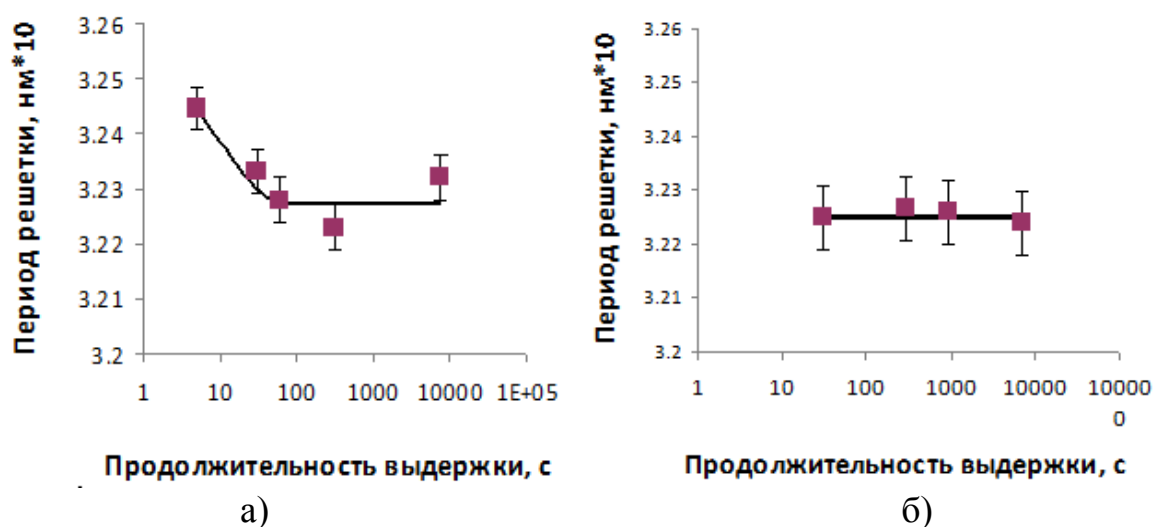


Рис. 6. Зависимость периода решетки  $\beta$ -фазы от продолжительности изотермической выдержки при температуре: а – 300°C, б – 350°C.

При изотермических выдержках при температуре 350°C период  $\beta$ -фазы снижается со значений 0,3245 нм до 0,3235 нм, рис. 6, б. Твердость при этом значительно не меняется и остается на уровне 50 HRC, рис. 7, б. По видимому, происходит расслоение  $\beta$  фазы на обогащенную и обедненную по  $\beta$ -стабилизаторам и  $\beta_{\text{обед}}$ -фаза распадается с образованием низкотемпературной дисперсной  $\alpha$ -фазы. При этом асимметрия линий не

пропадает, т.е.  $\alpha''$ -мартенсит сохраняется, рис. 5. Таким образом при изотермических выдержках при температуре 350°C двухфазное состояние  $\alpha''+\beta$  меняется на  $\alpha''+\beta+(\alpha_n)$  состояние.

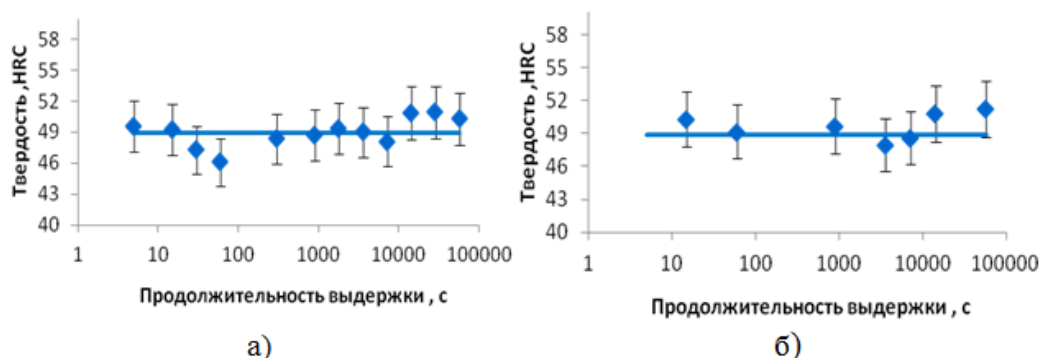


Рис. 7. Зависимость твердости сплава VST2 от продолжительности выдержки при температуре: а - 300°C; б - 350°C.

По полученным данным были сделаны следующие выводы:

1. Изучены закономерности изменений микроструктуры, фазового состава и диаметрических характеристик титанового сплава VST2 после изотермических обработок при температурах 300...350°C и выдержек 5 сек ... 16 часов.

2. Обнаружено, что в сплаве VST2 ( $K_\beta=0,56$ ) при закалке в воду с температуры 1000°C фиксируется только  $\alpha''$ -мартенсит, а при охлаждение в расплаве олова до температур изотермической выдержки 300...350°C и последующей закалки в воду – двухфазное состояние  $\beta+\alpha''$ -мартенсит.

3. Обнаружено, что при изотермическом распаде при температурах 300...350°C не происходит значительных изменений фазового состава и свойств сплава. Фазовый состав после изотермической обработки при температуре 300°C:  $\beta+\alpha''$ -мартенсит. После 350°C:  $\beta+(\alpha_n)+\alpha''$ -мартенсит.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Патент РФ № 2425164 Вторичный титановый сплав и способ его изготовления/ Тетюхин В.В., Левин И.В., Пузаков И.Ю., Таренкова Н. Ю. // Бюллетень Изобретения, полезные модели, №21, опубликован 27.07.2011, с.1-12

2. Илларионов А.Г., Попов А.А., Ледер М.О., Водолазский Ф.В., Жлоба А.В. Формирование структуры, фазового состава и свойств в двухфазном титановом сплаве при варьировании температурно-скоростных параметров термической обработки // Металловедение и термическая обработка металлов. 2014. №9 (711). С. 43-47.